

Jana Daňková¹, Pavel Šmíra², Tereza Murínová³

VLHKOSTNÍ CHOVÁNÍ STARÉHO JEDLOVÉHO DŘEVA

THE HUMIDITY BEHAVIOR OF OLD FIR WOOD

Abstrakt

Zkušební tesaři říkají, že staré dřevo ve stavbě je pro konstrukční účely lepší materiál, než nejkvalitnější dřevo nové, nedávno pokácené a vysušené. Toto tvrzení nemá, zdánlivě, fyzikální logiku. A přece je pravdivé a bylo experimentálně prokázáno. Tento článek pojednává o hygroskopickém chování starého jedlového dřeva. V experimentální části je popsáno laboratorní ověření hygroscopicity dřeva, které bylo odebráno z dřevěných konstrukcí různého stáří. Experimentálně byla prokázána závislost mezi příjmem vzdušné vlhkosti a stářím vzorku.

Klíčová slova

Staré dřevo, hygroscopicita, klimatické zkoušky.

Abstract

Experienced carpenters say, that the old wood in building is better material for construction purpose than new high quality wood, recently felled and dried. This claim has not, seemingly, physical logic. And yet it is true and has been experimentally demonstrated. This article deals with the hygroscopic behavior of old fir wood. The experimental section describes laboratory verification of hygroscopicity of wood, which was removed from the wooden structures of various ages. Has been demonstrated experimentally the dependence between the intake air humidity and age of the sample.

Keywords

Old wood, hygroscopicity, environment tests.

1 ÚVOD

Dřevo je jedním z nejstarších stavebních materiálů. Spektrum využití dřeva a materiálů na bázi dřeva je velmi široké. Mezi „nežádoucí“ vlastnosti z hlediska použití ve stavebních konstrukcích patří zejména hygroskopičnost dřeva.

Dřevo je hygroskopický materiál, což znamená, že je schopno přijímat vodu ze vzduchu ve formě vodní páry. Jímání vody dřevem je složitý fyzikálně – chemický proces, na kterém se významně podílí struktura dřeva a jeho chemické složení.

¹ Ing. Jana Daňková, Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 322, e-mail: jana.dankova@vsb.cz.

² Ing. Pavel Šmíra, Thermo sanace, s.r.o., Chamrádova 475/23, 718 00 Ostrava – Kunčičky, tel.: (+420) 602 714 382 e-mail: pavel@smira-print.cz.

³ Ing. Tereza Murínová, Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 322, e-mail: tereza.murinova@vsb.cz.

Hygroskopičnost dřeva je možno cíleně měnit fyzikálními nebo chemickými prostředky, hovoříme o modifikaci dřeva.

Málo se hovoří ještě o jednom mechanismu, který snižuje hygroskopičnost dřeva, a tímto mechanismem je přirozené stárnutí dřeva. Stárnutí ve smyslu rozvoje „žádoucích“ vlastností, přesněji je použití výrazu „zrání“ dřeva.

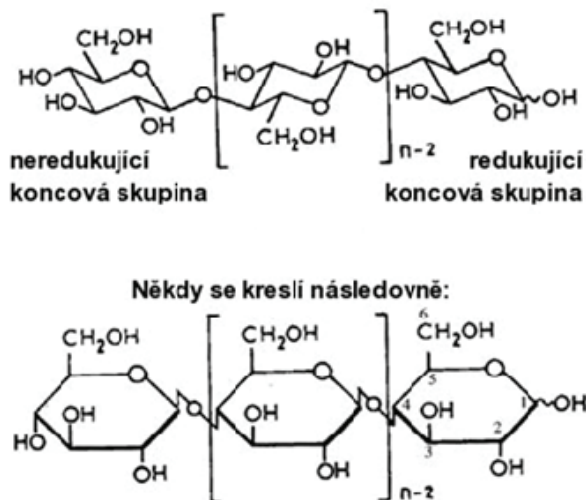
Snížení hygroskopicity starého dřeva je doprovázeno vyšší objemovou stabilitou dřeva. Snížení hygroskopicity starého dřeva je ovlivněno nejen stářím (dobou od pokácení stromu), ale také tzv. historií konstrukce, tzn. četností procesů navlhání – vysychání. Čím více těchto procesů konstrukce „prožila“ a čím vyšší byla při tom vlhkost dřeva, tím výraznější je projev hygroskopického stárnutí [1].

2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ DŘEVA A HYGROSKOPICITA

Dřevo jako stavební materiál má řadu žádoucích vlastností. Je to zejména vysoká pružnost a pevnost v ohybu a tahu rovnoběžně s vlákny, nízká objemová hmotnost a dobrá opracovatelnost.

Dřevní hmota je složena převážně z celulózy, hemicelulóz a ligninu (90-97%). Z tohoto množství tvoří polysacharidický podíl, tj. celulóza a hemicelulózy 70% a lignin, který má charakter polyfenolický, zbytek. Ostatní, doprovodné složky dřeva nazýváme extraktivy a ty tvoří 3-10% dřevní hmoty. Extraktiva tvoří organické i anorganické látky a ovlivňují vůni, barvu a další vlastnosti dřeva.

Celulóza vytváří lineární makromolekuly (obr. 1), které jsou složeny z různého počtu glukózových jednotek. Lineární molekuly se mohou prostřednictvím intermolekulových vodíkových vazeb (vazby mezi -OH skupinami sousedních makromolekul) spojovat a vytvářet tak nadmolekulovou strukturu celulózy. U části celulózy jsou vodíkové vazby mezi řetězcovými makromolekulami rozloženy pravidelně a toto uspořádání je podobné mřížce krystalu. Hovoříme o krystalizaci celulózy. Makromolekuly celulózy, které nevytváří prostorové struktury s vodíkovými vazbami, nazýváme amorfni celulózu.



Obr. 1: Molekula celulózy [8]

Poměr krystalické a amorfni celulózy ve dřevě je velmi důležitým faktorem, který ovlivňuje chemické, fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva [6]. Čím vyšší je podíl krystalické celulózy, tím má dřevo vyšší hustotu, modul pružnosti, pevnost v tahu, tvrdost a má vyšší rozměrovou stabilitu. Naopak poklesne jeho chemická reaktivita, navlhavost a bobtnání. Krystalická celulóza je velmi stabilní, reakce se nejdříve odehrávají v amorfni celulóze [6].

Hemicelulóza je směs polysacharidů s nižším polymerizačním stupněm. Hemicelulózy mají rozvětvenou strukturu. Jejich funkcí je doprovázet celulózu v jednotlivých vrstvách buněčných stěn dřeva a vytvářet jakousi kontaktní vrstvu mezi celulózu a ligninem. Vlastnosti hemicelulóz závisí na délce základního řetězce, stupni rozvětvení a acetylaci. Hemicelulózy také ovlivňují chemické a fyzikální vlastnosti dřeva.

Lignin vyplňuje prostory mezi vláknitými strukturami polysacharidů. Předpokládá se, že je na polysacharidy vázán elektrostatickými interakcemi a van der Waalsovými vazbami. Lignin dodává dřevu specifické vlastnosti jako vyšší pevnost v ohybu, snižuje propustnost dřeva a má funkci ochrannou. Lignin je amorfni polyfenolická látka, chemicky méně stabilní, než celulóza [6].

3 HYGROSKOPICITA STARÉHO DŘEVA, MECHANISMY

V průběhu času, působením tepla a některých chemických látek nebo působením některých dřevokazných organismů, se ve dřevě mění počet hydroxylových skupin schopných vázat molekuly vody prostřednictvím vodíkových vazeb [5, 1]. Mechanismus tohoto jevu je však jiný pro každý výše uvedený vliv.

Například hygroskopicitu dřeva napadeného dřevokaznými houbami, které eliminují hemicelulózu, se snižuje, jelikož hemicelulóza je nejhygroskopičtější složkou dřeva. Mechanismus snížení hygroskopicity starého dřeva je popsán, a experimentálně ověřen různými autory [2], nicméně příčina tohoto jevu dosud není jednoznačně určena.

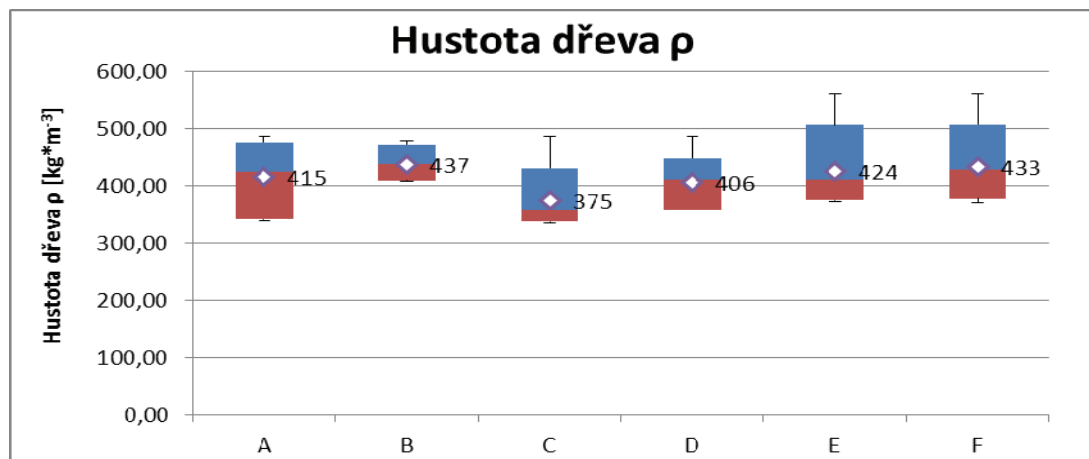
4 EXPERIMENT

Schopnost přijímat vzdušnou vlhkost byla stanovována na malých bezvadných vzorcích jedlového dřeva *Abies pectinata* různého stáří. Vzorky o rozměrech 15 mm x 25 mm x 50 mm (15 mm radiálně, 25 mm tangenciálně, 50 mm podélně) byly, dle datace původních konstrukčních prvků rozděleny do 6 skupin, z nichž každá obsahuje 16 vzorků (tab. 1).

Tab. 1: Identifikace vzorků – původ, datování

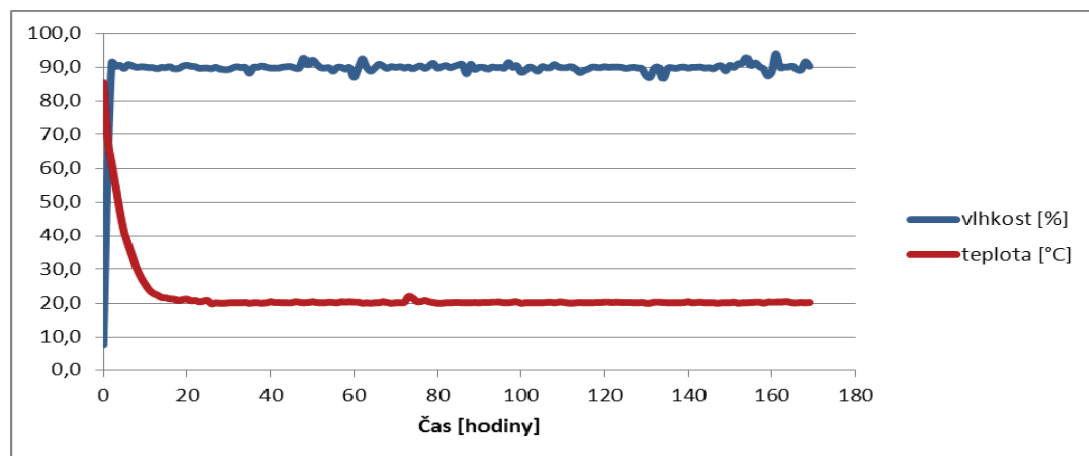
OZN. VZORKU	KUSY	PŮVOD VZORKŮ
A	16	Stropní trámy – zámek Rychvald, dendrochronologicky datováno [4] 1622-1623. Stropní trámy druhotně použity jako nosná konstrukce podlahy mladšího objektu postaveného po roce 1866.
B	16	Stropní trámy – zámek Rychvald, dendrochronologicky datováno [4] 1725-1726. Stropní trámy druhotně použity jako nosná konstrukce podlahy mladšího objektu postaveného po roce 1866.
C	16	Roubená vnější stěna chalupy č.p. 691 v Palkovicích, dendrochronologicky datováno 1773.
D	16	Stropní trámy dvou staveb postavených kolem roku 1866: zámek Rychvald [4] a objekt hospodářského dvora č.p. 57 v Bernarticích nad Odrou.
E	16	Stropní trámy, vnitřní schodiště objekt sýpky č.p. 164 ve Velké Polomi, datování objektu 1903 – 1905 [3].
F	16	Referenční vzorky z čerstvě pokáceného stromu v lednu 2011

Rozměry vzorku byly změřeny posuvným měřidlem s přesností měření 0,01 mm a jejich hmotnost byla určena na analytických vahách s přesností měření 0,0001 g. Pro stanovení hustoty dřeva byly vzorky nejdříve vysušeny do absolutně suchého stavu (obr. 2).



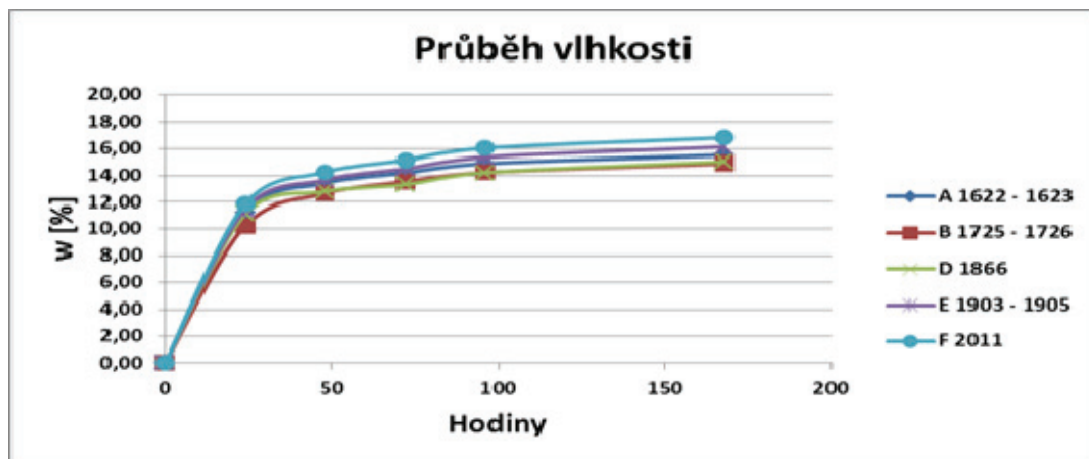
Obr. 2: Hustota dřeva pro jednotlivé skupiny vzorků

Poté byly zkoušené vzorky umístěny do klimatické komory, ve které byly nastaveny parametry prostředí $R.V.=90\%$, $t=20^{\circ}\text{C}$ (obr. 3). Zde byly vzorky klimatizovány po dobu 7 dnů a průběžně váženy po 24, 48, 72, 96 a 168 hodinách.

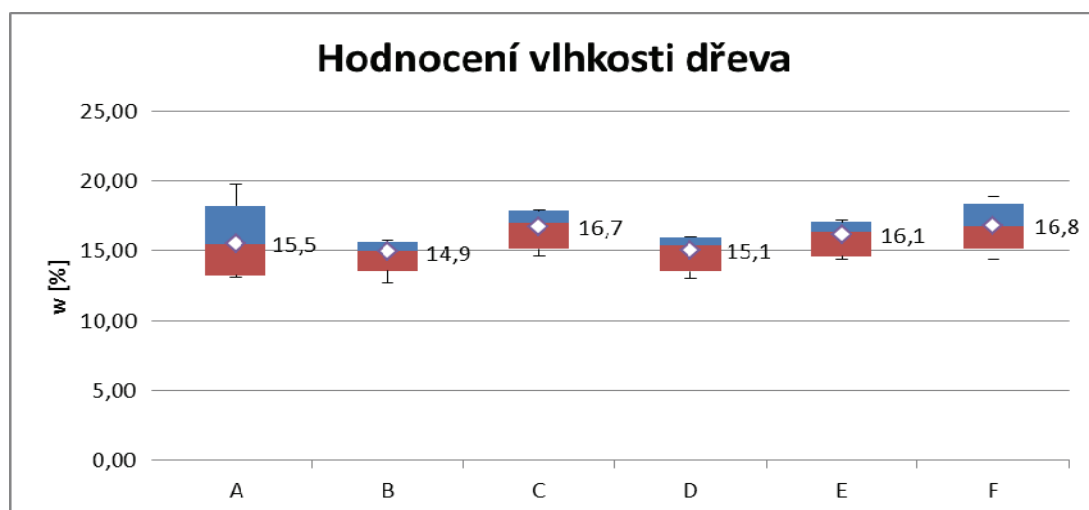


Obr. 3: Průběh vlhkosti a teploty v klimatizované komoře

Pro hodnocení vlivu stáří dřeva na jeho hygroskopicitu byla stanovena dynamika příjmu vzdušné vlhkosti (obr. 4) a také konečná rovnovážná vlhkost dřeva pro jednotlivé zkoušené skupiny vzorků (obr. 5).



Obr. 4: Dynamika vzrůstu vlhkosti vzorků podle stáří vzorku



Obr. 5. Hodnocení vlhkosti zkoušených skupin vzorků dřeva

Z uvedených výsledků vyplývá, že největší schopnost hygroskopicitu vykazuje, kromě vzorků C, nové dřevo označené jako F.

Z konečného hodnocení experimentu byly vyloučeny vzorky skupiny C, jelikož dřevo konstrukčních prvků bylo napadeno dřevokazným hmyzem a hustota dřeva u skupiny vzorků C byla podstatně nižší (obr. 2), než u ostatních skupin vzorků.

Z výsledků měření je možno konstatovat, že se stářím konstrukce klesá schopnost dřeva přijímat vzdušnou vlhkost. Tato tendence je znázorněna na obr. 5. Výjimku zde tvoří vzorky označené písmenem A.

Tuto situaci lze vysvětlit jednak historií vzorku (druhotné použití dřevěné konstrukce ve vlhkově méně namáhané expozici), nebo strukturními a chemickými změnami dřeva. Z těchto důvodů je vhodné provést mikroskopické a chemické rozborů zkoušených těles, jejichž vyhodnocení je klíčové pro pochopení závislosti mezi zkoumanou hygroskopicitou a změnami ve struktuře a chemickém složení starého dřeva.

5 ZÁVĚR

Nepoškozené staré dřevo je vysoce hodnotný stavební materiál, který si zachovává své mechanické vlastnosti [7]. Schopnost hygroskopicity starého dřeva se snižuje v závislosti na jeho stáří (době od skácení stromu). Snížení hygroskopicity starého dřeva se projevuje vyšší objemovou stabilitou dřeva, snížením vnitřního napětí ve dřevě a celkovým nižším příjmem vlhkosti u starého dřeva v porovnání se dřevem novým.

Příčina tohoto jevu zatím není zcela objasněna, ale pravděpodobně souvisí se změnami v chemickém složení dřeva. Hygroskopické stárnutí dřeva je jev nevratný a souvisí s „historií konstrukce“, přičemž rozhoduje počet cyklů bobtnání – vysychání a úroveň nasycení buněčných stěn během těchto cyklů [1].

Sekundární využití starého nepoškozeného dřeva např. na opravu starých historických dřevěných konstrukcí je tedy technickou, nikoli pouze filosofickou, záležitostí. V tesařských spojích sanovaných starým dřevem tak nevznikají nežádoucí deformace a přídavná napětí, což vede k celkové vyšší spolehlivosti nosného konstrukčního systému.

PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl za podpory SP/2011203.

LITERATURA

- [1] ESTEBAN L. G., GRIL J., et al. *Reduction of wood hygroscopicity and associated dimensional response by repeated humidity cycles*, www.sciencedirect.com
- [2] ESTEBAN L. G., FERNANDÉZ F. G., et al. *Comparsion of the hygroscopic behavior of 205year-old and recently cut juvenile wood from Pinus sylvestris L.*, www.sciencedirect.com
- [3] KYNCL T. *Dendrochronologické datování dřevěných konstrukčních prvků sýpky u tvrže ve Velké Polomi*, Výzkumná zpráva č. 109-08, 12/2008. Nepublikováno.
- [4] KYNCL T. *Dendrochronologické datování dřevěných konstrukčních prvků zámku v Rychvaldě*, Výzkumná zpráva č. 122-10, 10/ 2010. Nepublikováno.
- [5] REINPRECHT L.: *Ochrana dřeva*, Zvolen, Technické učení Zvolen 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.
- [6] ŠLEZINGEROVÁ J., GANDELOVÁ L.: *Stavba dřeva*, Brno, MZLU 2008. ISBN 978-80-7157-636-5.
- [7] YOKOYAMA M., GRIL J., et al. *Mechanical characteristics of aged Hinoki wood from Japanese historical buildings*, www.sciencedirect.com
- [8] www.wikipedia.cz (15. 11 2011)

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Ladislav Reinprecht, CSc., Katedra mechanické technologie dřeva, Dřevářská fakulta, Technická univerzita vo Zvolene.

Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc., Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, České vysoké učení technické v Praze.